

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-190097

(43)Date of publication of application : 21.07.1998

(51)Int.Cl. H01S 3/06
G02B 6/00
G02B 6/00

(21)Application number : 09-174450

(71)Applicant : UEDA KENICHI
HOYA CORP

(22)Date of filing : 30.06.1997

(72)Inventor : UEDA KENICHI
SEKIGUCHI HIROSHI

(30)Priority

Priority number : 08289821

Priority date : 31.10.1996

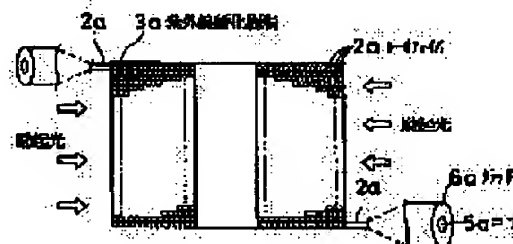
Priority country : JP

(54) LASER DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser device capable of converting an exciting light to a laser oscillating light with high efficiency.

SOLUTION: One continuous long laser fiber 2a is rolled up a large number of times, shaping up a cylinder-shaped lump and hardened with ultraviolet curable resin and both ends of the fiber are exposed as a take-out opening, thereby providing a laser oscillating light from both ends by the irradiation of the excitation light from the surrounding areas. In addition to that, since the laser fiber 2a is provided with a cladding around a core 5a, 0.5at% Nd3 is doped inside the core 5a.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-190097

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月21日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/06

G 0 2 B 6/00

識別記号

3 3 6

F I

H 0 1 S 3/06

G 0 2 B 6/00

3 3 6

E

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-174450

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月30日

(31) 優先権主張番号 特願平8-289821

(32) 優先日 平8(1996)10月31日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 596157816

植田 意一

茨城県筑波郡伊奈町谷井田2195-5

(71) 出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72) 発明者 植田 意一

茨城県筑波郡伊奈町谷井田2195-5

(72) 発明者 関口 宏

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

ホーヤ株式会社内

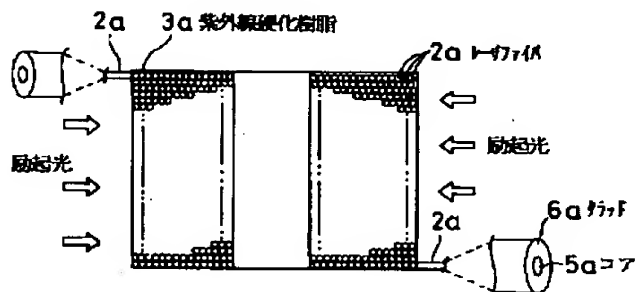
(74) 代理人 弁理士 阿仁屋 節雄 (外1名)

(54) 【発明の名称】 レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 励起光を極めて効率的にレーザ発振光に変換することを可能にするレーザ装置を提供する。

【解決手段】 連続した1本の長いレーザファイバ2aが、円筒形状の塊を形成するように多数回巻回されて紫外線硬化性樹脂3aで固められ、レーザ光の取り出し口としてその両端が露出されておられ、周辺部からの励起光の照射によって両端部からレーザ発振光を得る。なお、レーザファイバ2aは、コア5aの周囲にクラッド6aが設けられたもので、このコア5aの内部には0.5at%のNd³⁺イオンがドープされている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ活性物質を含む導光部を有し、該導光部のレーザ活性物質に励起光を供給することによってレーザ発振を行うレーザ装置であって、

前記導光部が、該導光部の収納される領域の大きさを表す3次元座標軸上の各距離に比較してその長さが著しく長い連続したものであり、該領域内において繰返し折り返されもしくは巻回されて該領域内に塊状に形成されて配置されたものであり、

前記塊状に形成されて配置された導光部に前記励起光が照射されることにより、該励起光が前記導光部の外周部を通じてこれらの内部に導入されてレーザ発振が行われるものであることを特徴とするレーザ装置。

【請求項2】 前記塊状の形状が、円板状、円錐状、正多面体状、切頭多面体状、楕円板状、繭状、回転楕円体状、渦巻き状、球状、円環状、トーラス状、織布状、又は、これらに一次変換を施した形状、又は、これらの形状の全部又は一部の組み合わせからなる形状であることを特徴とする請求項1に記載のレーザ装置。

【請求項3】 前記導光部が、少なくとも光導波部を有する光ファイバを前記塊状に形成したものであることを特徴とする請求項1又は2に記載のレーザ装置。

【請求項4】 前記塊状に形成された光ファイバが、励起光を透過する硬化性の物質によってその一部又は全部が覆われることによって固定されていることを特徴とする請求項3に記載のレーザ装置。

【請求項5】 前記硬化性の物質が、硬化性の有機樹脂又はガラス又は硬化性のある無機質の媒体であることを特徴とする請求項4に記載のレーザ装置。

【請求項6】 前記塊状に形成された光ファイバは、隣接するファイバどうしが互いのコアとクラッドとの界面が乱れない程度にその一部又は全部が密着するようにして一体に形成することによって互いに固定されていることを特徴とする請求項3に記載のレーザ装置。

【請求項7】 前記導光部が、クラッドの外側にさらに第2のクラッドが形成された2重クラッド型光ファイバ又は光導波路であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載のレーザ装置。

【請求項8】 前記導光部が光ファイバを構成するコア部材によって構成され、互いに接触せずに前記領域内において繰返し折り返されもしくは巻回されて該領域内に塊状に形成されて配置されたものであり、前記導光部を構成するコア部材の周囲を覆うとともに隣接するコア部材の間を満たすように該コア部材よりも屈折率の低い物質を設けて前記導光部を構成するコア部材とによって光ファイバを構成するクラッド部材とし、該クラッド部材の周囲を該クラッド部材の屈折率よりも低い屈折率を有する物質からなる第2のクラッド部材で覆い、前記クラッド部材に励起光を導入することによって、前記導光部を構成するコア部材の外周部を通じてこ

れらコア部材の内部に励起光を導入してレーザ発振を行うようにしたことを特徴とする請求項1又は2に記載のレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ内部又は光導波路内部に有するレーザ活性物質に励起光を供給することによってレーザ発振を行うレーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信または光加工技術分野においては、より高出力でより安価なレーザ装置の開発が望まれるが、従来より、この様な要請を満たせる可能性の高いものとして光ファイバレーザ装置又は光導波路型レーザ装置が知られている。

【0003】光ファイバレーザ装置又は光導波路型レーザ装置は、コア径並びにコアとクラッドとの屈折率差等を適切に選定することで比較的容易に発振横モードを単一にできる。また、光を高密度に閉じ込めることでレーザ活性物質と光との相互作用を高められる。かつ、長さを長くすることで相互作用長を大きくとれるので高い効率で空間的に高品質のレーザ光を発生させることができる。したがって、質の良いレーザ光を比較的安価に得ることができる。

【0004】ここで、レーザ光のさらなる高出力化または高効率化を実現するには、光ファイバ又は光導波路のレーザ活性イオン又は色素その他の発光中心（以下、レーザ活性物質という）の添加領域（通常はコア部）に効率よく励起光を導入する必要がある。ところが、通常、単一モードの導波条件にコア径を設定するとその径はレーザ活性イオンの添加領域（通常はコア部）の十数 μm 以下に限定されるので、この径に効率よく励起光を導入するのは一般に困難である。これを克服するものとしては、例えば、いわゆる2重クラッド型ファイバレーザが提案されている。

【0005】図6は2重クラッド型ファイバレーザの説明図である。この図に示されるように、2重クラッド型ファイバレーザは、クラッド部16の外側に該クラッド部16よりもさらに屈折率が低い透明物質で構成される第2クラッド部17を設けたものである。これにより、第2クラッド部17とクラッド部16との屈折率差に起因する全反射によって端面より導入された励起光13をクラッド部16及びコア部15内に閉じ込める。そして、レーザ活性物質の添加領域（通常はコア部15）を上記閉じ込めた励起光が繰返し通過するようにして該励起光を徐々にレーザ活性物質に吸収せしめる。これによって、高出力のレーザ光を得られるようにしたものである（参考文献：E. Snitzer, H. Po, F. H. Akimi, R. Tumminelli, and B. C. McClum, in Optical Fibe

r Sensors. Vol. 2 of 1988 OSA Technical Digest Series (Optical Society of America, Washington, D. C., 1988), paper PD5.)。

【0006】しかし、2重クラッド型ファイバレーザの場合、内部のクラッド部の断面形状が円形であるとレーザ活性物質の添加領域（通常はコア部）付近を選択的に透過する励起光のみが効率よくレーザ活性物質に吸収され、そうでない部分の吸収効率が非常に低いという、モードによる吸収飽和が起こるといった問題があった。そこで、内部のクラッド部の形状を矩形にするような工夫がなされているが、一般に円形以外の断面形状のファイバを作製するのは困難であり、かつ機械的な強度も不足しがちである。

【0007】一方、光導波路型レーザではその製造方法故、導波路長を光ファイバのごとくに長くできず、また、2重クラッドのような複雑な断面方向の屈折率分布をとることも困難である。

【0008】そこで、光導波路レーザにおいては、特開平4-51027号公報あるいは特開平3-3283号公報に示されるように、光導波路のレーザ活性物質の添加領域（通常はコア部）の側面から励起光を導入する方法が提案されている。側面から励起光をレーザ活性物質の添加領域（通常はコア部）に導入する場合は通常、レーザ活性物質の添加領域（通常はコア部）の直径（ d ）に比べて導波路長（ L ）が非常に長く、 $L/d > 10^6$ 以上もとれるので導波路の断面方向から励起光を導入する方法よりも非常に多くの励起エネルギーを導波路内に導入することが可能となる。

【0009】また、同様に、光ファイバレーザにおいても側面から励起光を導入できれば励起光導入の面積をいくらでも増やせるので、原理的には断面（端面）方向から励起光を導入する方法に比べて $10^6 \sim 10^9$ 倍、2重クラッド型励起方式に比べても $10^3 \sim 10^6$ 倍も多くの励起光エネルギーを導入可能である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来の側面励起の方法においては、側面から供給される1つの励起光をみた場合、この励起光がレーザ活性物質添加領域たるコアを通過する回数は1回だけである。通常このコアは数十 μ m程度の幅しか持たない。それゆえ、この狭い幅を1回通過する間に上記励起光のエネルギーのすべてをレーザ活性物質に吸収させるのは極めて困難である。したがって、上述の従来の側面励起の方法は、励起光の多くが無駄になるという欠点を有するものであった。

【0011】本発明は、上述の背景のもとでなされたものであり、励起光を極めて効率的にレーザ発振光に変換することを可能にするレーザ装置を提供することを目的

とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するための手段として、請求項1に記載の発明は、レーザ活性物質を含む導光部を有し、該導光部のレーザ活性物質に励起光を供給することによってレーザ発振を行うレーザ装置であって、前記導光部が、該導光部の収納される領域の大きさを表す3次元座標軸上の各距離に比較してその長さが著しく長い連続したものであり、該領域内において繰返し折り返されもしくは巻回されて該領域内に塊状に形成されて配置されたものであり、前記塊状に形成されて配置された導光部に前記励起光が照射されることにより、該励起光が前記導光部の外周部を通じてこれらの内部に導入されてレーザ発振が行われるものであることを特徴とするレーザ装置である。

【0013】請求項2に記載の発明は、前記塊状の形状が、円板状、円錐状、正多面体状、切頭多面体状、楕円板状、繭状、回転楕円体状、渦巻き状、球状、円環状、トラス状、織布状、又は、これらに一次変換を施した形状、又は、これらの形状の全部又は一部の組み合わせからなる形状であることを特徴とする請求項1に記載のレーザ装置である。

【0014】請求項3に記載の発明は、前記導光部が少なくとも光導波部を有する光ファイバを前記塊状に形成したものであることを特徴とする請求項1又は2に記載のレーザ装置である。

【0015】請求項4に記載の発明は、前記塊状に形成された光ファイバが、励起光を透過する硬化性の物質によってその一部又は全部が覆われることによって固定されていることを特徴とする請求項3に記載のレーザ装置である。

【0016】請求項5に記載の発明は、前記硬化性の物質は、硬化性の有機樹脂又はガラス又は硬化性のある無機質の媒体であることを特徴とする請求項4に記載のレーザ装置である。

【0017】請求項6に記載の発明は、前記塊状に形成された光ファイバが、隣接するファイバどうしが互いのコアとクラッドとの界面が乱れない程度にその一部又は全部が密着するようにして一体に形成することによって互いに固定されていることを特徴とする請求項3に記載のレーザ装置である。

【0018】請求項7に記載の発明は、前記導光部が、クラッドの外側にさらに第2のクラッドが形成された2重クラッド型光ファイバ又は光導波路であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載のレーザ装置である。

【0019】請求項8に記載の発明は、前記導光部が光ファイバを構成するコア部材によって構成され、互いに接触せずに前記領域内において繰返し折り返されもしくは巻回されて該領域内に塊状に形成されて配置されたも

のであり、前記導光部を構成するコア部材の周囲を覆うとともに隣接するコア部材の間を満たすように該コア部材よりも屈折率の低い物質を設けて前記導光部を構成するコア部材とによって光ファイバを構成するクラッド部材とし、該クラッド部材の周囲を該クラッド部材の屈折率よりも低い屈折率を有する物質からなる第2のクラッド部材で覆い、前記クラッド部材に励起光を導入することによって、前記導光部を構成するコア部材の外周部を通じてこれらコア部材の内部に励起光を導入してレーザ発振を行うようにしたことを特徴とする請求項1又は2に記載のレーザ装置である。

【0020】上述の発明にあつては、導光部として、長さが著しく長い連続したものを繰返し折り返しもしくは巻回して塊状に形成したもので構成し、この塊状の導光部に励起光を照射することにより、導光部の外周部（側*

コア端面励起方式； $M = A_{\text{core}} / A_{\text{core}} = 1$
 2重クラッド励起方式； $M = A_{\text{clad}} / A_{\text{core}} = \text{約 } 10^3$
 多重側面励起方式； $M = A_{\text{side}} / A_{\text{core}}$

但し、Mはフラックス密度、Aは断面積であり、内部損失なしで100%変換されるものと仮定する。

【0023】上記比較から明らかなように、各方式間で大きな差があり、請求項1に記載の発明が画期的な圧縮比を有することがわかる。このようなフラックス密度の巨大な圧縮比は、品質の悪い励起光を高品質のレーザ光に変換するということを意味を有する。すなわち、低密度の励起光（例えば太陽光）によってもレーザ発振が可能になるという画期的な意味を有する。

【0024】

【発明の実施の形態】

（実施例1）図1は本発明の実施例1にかかるレーザ装置の構成を示す図である。

【0025】図1に示されるように、この実施例のレーザ装置は、連続した1本の長いレーザファイバ2aが、内径約1cm、外径約5cm、高さが5cmの円筒形状の塊を形成するように多数回巻回されて紫外線硬化性樹脂で固められ、レーザ光の取り出し口としてその両端が露出されているものである。紫外線硬化性樹脂は、屈折率1.45で波長0.5～1.4μmの光に対して透明なもので、ファイバとファイバの間を隙間なく埋め込むように形成されている。

【0026】レーザファイバ2aは、コア5aの径が10μm、クラッド6aの径が50μmであり、開口数が0.1であつて、長さが約30Kmの連続した1本の長い石英系ガラスファイバである。コア5aの内部には0.5at%のNd³⁺イオンがドーピングされている。なお、レーザファイバ2aの一方の端部の端面には波長1.06μmの光に対して反射率が100%の回折格子

*面）を通じて励起してレーザ発振を行うものである。このため、1つの励起光に着目すると、この1つの励起光は、繰返し導光部を通過することになる。したがって、この繰返し通過するうちに励起光の多くがレーザ活性物質に吸収されることになり、極めて効率のよい励起が可能になる。

【0021】いま、請求項1に記載の発明の励起方式を便宜的に「多重側面励起方式」と呼び、従来の2重クラッド型の光ファイバ又は光導波路を用いたものを「2重クラッド励起方式」と呼び、さらに、従来のコア端面から励起光を導入する方式を「コア端面励起方式」と呼ぶことにする。そして、これらの各方式における励起光からレーザ発振光への変換において、その光フラックス密度の圧縮比を比較すると以下ようになる。

【0022】

$$\begin{aligned} &= dL / (\pi d^2 / 4) \\ &= L / d \\ &= \text{約 } 10^9 \end{aligned}$$

が形成され、他方の端部の端面には反射率が20%の多層膜反射コートが形成されている。

【0027】なお、このレーザ装置は、ボビン径が1cm、高さ5cmの金属製ボビンに連続した1本の長いレーザファイバ2aを、外径が5cmになるまで密に巻付けた後、これを紫外線硬化性樹脂に浸し、紫外線を照射して硬化させ、しかる後にボビンを抜き去って得たものである。

【0028】このレーザ装置に、発振波長0.8μm、最大出力10Wの半導体レーザーアレイ8個を円筒の周囲に配置し、光を円筒に向けてレーザファイバ2aに照射したところ、波長1.06μmで出力30Wのレーザー発振を確認できた。発振したレーザー光出力の経時変化は30W±3Wと、良好なものであった。

【0029】（実施例2）図2は本発明の実施例1にかかるレーザ装置の構成を示す図である。

【0030】図2に示されるように、この実施例のレーザ装置は、連続した1本の長いレーザファイバ2bを、1層の渦巻き状に密に多数回巻回した後これを紫外線硬化性樹脂で固めて内径約3cm、外径約12cm、厚さ0.1cmの円環板状の塊を形成するようにし、側面部を除く表裏の面を鏡面研磨してその上に金属の反射コート膜7bを蒸着したものである。また、レーザファイバ2bの両端部はレーザ光の取り出し口としてその両端が露出されているが、その端面には特に反射膜等を形成せずに破断面のままとした。なお、紫外線硬化性樹脂は、屈折率1.45で波長0.5～1.4μmの光に対して透明なもので、ファイバとファイバの間を隙間なく埋めこむように形成される。

【0031】レーザファイバ2bは、コア5aの径が10 μ m、クラッド6aの径が50 μ mであり、開口数が0.1であって、長さが約170mの連続した1本の長い石英系ガラスファイバである。コア5aの内部には0.5at%のNd³⁺イオンがドープされている。

【0032】このレーザ装置の周囲に、発振波長0.8 μ m、最大出力10Wの半導体レーザアレイ8個を周囲に配置し、これらレーザアレイからの光を励起光として周囲の側面からレーザファイバ2bに照射したところ、波長1.06 μ mで出力15Wのレーザ発振を確認できた。発振したレーザ光出力の経時変化は15W \pm 2Wと、良好なものであった。

【0033】(実施例3)図3は本発明の実施例3にかかるレーザ装置の構成を示す図である。

【0034】この実施例のレーザ装置は以下のようにして製造される構成を有している。

【0035】まず、連続した1本の長いレーザファイバを、外径が3cmの炭素製のボビンを芯にして1層の渦巻き状に密に巻回して、内径3cm、外径15cmの円環板状の塊に形成する。なお、このレーザファイバは、コア5aの径が10 μ m、クラッド6aの径が50 μ mであり、開口数が0.1であって、長さが約280mの連続した1本の長い石英系ガラスファイバである。

【0036】次に、内径3cm、外径15cm、厚さ1mmの円環状石英板を2枚用意し、この2枚の石英板上に上記円環状塊のレーザファイバを上下に挟み、内径20cmの金属製耐圧容器にいれる。次に、この石英板で挟まれたレーザファイバを、不活性ガス雰囲気中で1500℃に加熱し、上下方向から約50barの圧力で押しつける。これにより、ファイバとファイバの隙間及びファイバと石英板との隙間を融着によって埋める。

【0037】次に、こうして作製した円環状体の表裏の面(上面及び下面)を光学研磨して光蓄積リング本体2cを得る。次に、厚さ3mm、幅3cm、長さ7cmの石英製の板を3枚用意する。次に、これらの側面を光学研磨するとともに、長手方向の一端面を光蓄積リング本体2cの側面の接線方向に沿って該リング側面に当接したときに互いにぴったり合致するような形状に形成して接続面とし、これら3枚の石英板を所定の間隔において上記リング本体側面に各々の接続面を当接して接着し、2枚を励起光の入力部7c、7cとし、残りをレーザ光の取出し部8cとする。そして、励起光の入力端面及びレーザ光の取出し端面を除く全面に金属の反射コート膜蒸着する。

【0038】このレーザ装置の2つの励起光入力部7c、7cのそれぞれの入力端面の近傍に、発振波長0.8 μ m、最大出力10Wの半導体レーザアレイ4個を配置し、これらレーザアレイからの光を上記2つの励起光入力部7c、7cを通じて光蓄積リング本体に導入したところ、レーザ取出し部8cから、波長1.06 μ mで

出力15Wのレーザ発振を確認できた。発振したレーザ光出力の経時変化は15W \pm 2Wと、良好なものであった。

【0039】(実施例4)この実施例にかかるレーザ装置は、長さ約20Kmの連続した1本の長いレーザファイバを織って布状に形成した例である。すなわち、例えば、まず、レーザファイバを縦に繰り返し往復させて先に縦系になる部分を面状に並べ、次に、この縦系の上下を交互に通過させるように横系となる部分を繰り返し往復させることによって布状に形成する。この実施例では、この方法によって、30 \times 30cmの大きさの布状のレーザ装置を作製した。

【0040】ここで用いるレーザファイバは、コア径が5 μ m、クラッド径が10 μ m、開口数が0.2の石英系ガラスファイバである。この場合、コア内部には0.5at%のNd³⁺イオンをドープされている。また、クラッドの周囲には、波長0.5 \sim 1.4 μ mの光に対して透明である紫外線硬化性樹脂が被覆してある。この紫外線硬化性樹脂の屈折率は1.45でクラッドに一致させてある。さらにレーザファイバの両端部の端面のうち、一方の端面には、波長1.06 μ mのコア内部からの光に対して反射率が100%の回折格子が形成してあるが、他方の端面は破断面のままにする。

【0041】この布に100倍の集光能率のミラーで快晴時に太陽光を集光したところ、波長1.06 μ mで出力が平均0.5Wのレーザ発振を確認できた。

【0042】(実施例5)図4は本発明の実施例5に係るレーザ装置の全体構成を示す斜視図、図5は図4に示されるレーザ装置を中央部で切断した切断モデルを示す図である。

【0043】図4及び図5に示されるように、この実施例は、導光部を光ファイバの一部を構成するコア部材で構成した例である。すなわち、上述の各実施例では、導光部をコア及びクラッドが一体となった光ファイバで構成したが、この実施例では、光ファイバの一部であるコア部材で導光部を構成したものである。

【0044】図4及び図5において、導光部を構成するコア部材55は、コア径100 μ m、長さ100mのりん酸塩系レーザガラスファイバー(Nd³⁺イオンを1.0at%の濃度でドープ)を互いに隣接するファイバーどうしが接触しないように所定の平面に平行に渦巻状に巻いて塊状に形成されたものである。

【0045】この塊状に形成されたコア部材55は、屈折率1.51の紫外線硬化性樹脂からなるクラッド部材56でその周囲が覆われるとともに隣接するコア部材55の間が満されるように円盤状に固められている。そして、円盤状に形成されたクラッド部材56の外周部端面を除く表裏の面が屈折率1.49の紫外線硬化性樹脂からなる第2のクラッド部材57で覆われている。なお、渦巻状に巻いたコア部材55の渦巻きの内側の端面はレ

ーザ光を反射させるべく平面研磨後、レーザ発振波長 $1.06\mu\text{m}$ において反射率99%以上の多層膜コートが施されており、また、渦巻きの外側の端面は発振レーザ光取出部とされる。

【0046】この実施例のレーザ装置においては、図4に示されるように、円盤状クラッド部材56の外周部端面から励起光がクラッド56内に導入される。導入された励起光は、第2クラッド57によって反射され、クラッド56内をジグザグに進行しながら、コア部材55に吸収されてレーザ発振がなされる。

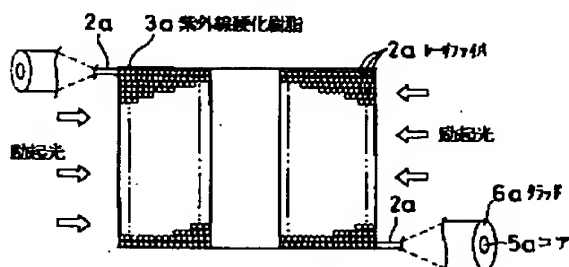
【0047】励起光源として、発振波長 $0.8\mu\text{m}$ 、出力20Wの半導体レーザアレイを16個用い、レーザ装置の周囲に配置して励起光をクラッド56内に導入したところ、出力部から波長 $1.06\mu\text{m}$ で出力が120Wの良好なレーザ発振を得ることができた。なお、この出力値は、このレーザ装置の限界ではなく、励起用に用いた半導体レーザアレイが少ないために120Wであるが、半導体レーザアレイをより多数用いることによって、2KW以上の出力を得ることができるものと予想される。このレーザ装置の出力を、焦点距離50mmのレンズ系で集光したところ、直径 $120\mu\text{m}$ 以内に出力の90%以上のエネルギーを集中させることができた。

【0048】なお、以上の各実施例は、レーザ媒体として光ファイバを用いた例を掲げたが、レーザ媒体として光導波路を用いてもよい。光導波路を用いる場合には、クラッド媒体の所定の領域内に、連続した1本の長いコアを折り返し又は巻回するように形成する。このコアの形成は、周知のパターン形成法やイオン交換法を利用していわゆる一筆書のパターンとして形成する。

【0049】また、上記実施例では、導光部として1本の連続した長い光ファイバ又は光導波路を所定の領域内に塊状に配置する例を掲げたが、これは複数の連続した長い光ファイバ又は光導波路を所定の領域に配置するようにしてもよい。

【0050】さらに、導光部として、上記実施例では、

【図1】



光ファイバ又は光導波路の例を掲げたが、これは光ファイバ又は光導波路の外にも光をある程度閉じこめるようにして伝搬できる光通路であれば何でもよい。

【0051】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明は、レーザ活性物質を含む導光部を有し、該導光部のレーザ活性物質に励起光を供給することによってレーザ発振を行うレーザ装置であって、前記導光部が、該導光部の収納される領域の大きさを表す3次元座標軸上の各距離に比較してその長さが著しく長い連続したものであり、該領域内において繰返し折り返されもしくは巻回されて該領域内に塊状に形成されて配置されたものであり、前記塊状に形成されて配置された導光部前記励起光が照射されることにより、該励起光が前記導光部の外周部を通じてこれらの内部に導入されてレーザ発振が行われるものであることを特徴とし、これにより、励起光を極めて効率的にレーザ発振光に変換することを可能にしたものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係るレーザ装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例2に係るレーザ装置の構成を示す図である。

【図3】本発明の実施例3に係るレーザ装置の構成を示す図である。

【図4】本発明の実施例5に係るレーザ装置の全体構成を示す斜視図である。

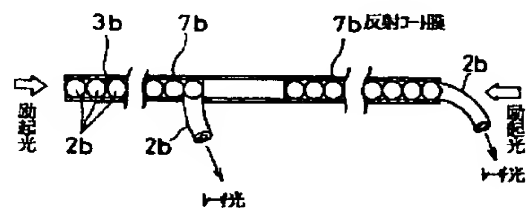
【図5】図4に示されるレーザ装置を中央部で切断した切断モデルを示す図である。

【図6】従来の2重クラッド型光ファイバレーザ装置の構成を示す図である。

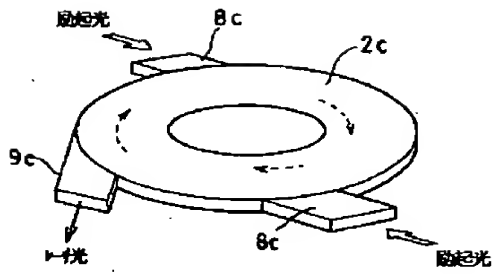
【符号の説明】

2a、2b…レーザファイバ、3a、3b…紫外線硬化樹脂、5a、5b…コア、6a、6b…クラッド、7b…反射コート膜、8c…励起光導入部、9c…レーザ光取出し部。

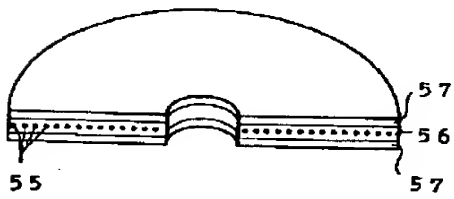
【図2】



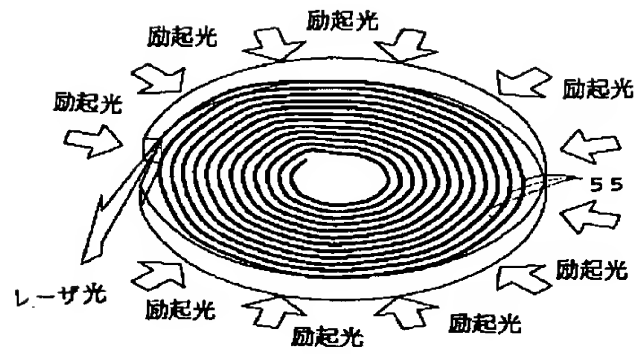
【図3】



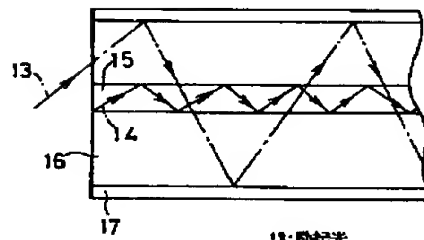
【図5】



【図4】



【図6】



13: 励起光
15: コア
16: クラッド
17: 第2クラッド

Laser apparatus

Patent Number: ☐ EP0840410, A3, B1
Publication date: 1998-05-06
Inventor(s): SEKIGUCHI HIROSHI (JP); UEDA KENICHI (JP)
Applicant(s): HOYA CORP (JP); UEDA KENICHI (JP)
Requested Patent: ☐ JP10190097
Application Number: EP19970118873 19971030
Priority Number(s): JP19960289821 19961031; JP19970174450 19970630
IPC Classification: H01S3/06; H01S3/094; H01S3/02
EC Classification: H01S3/067, H01S3/067B
Equivalents: DE69703782D, DE69703782T, ☐ US6052392
Cited Documents: JP7183597; JP5297228; JP9055556; JP9026379

Abstract

A laser apparatus capable of very effectively converting excitation light to laser oscillation light includes a single continuous long laser fiber wound by multiple turns and made immobile by an ultraviolet setting resin as to form a cylindrical shape conglomerate whose opposite ends are exposed as outputs for laser beam, and generates a laser oscillation light from the opposite ends upon radiation of excitation light from a periphery of the fiber. The laser fiber has a clad covering a core, which is doped with active lasing substances such as

Nd³⁺ ions.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Description

Background of the Invention

Field of the Invention

This invention relates to a laser apparatus for performing a laser oscillation upon supplying an excitation light to active lasing substances placed inside an optical fiber or an optical waveguide.

Description of Related Arts

While, in arts of optical telecommunication and optical fabrication technology, development of high-power, inexpensive laser apparatuses has been expected, optical fiber laser apparatuses and optical waveguide type laser apparatuses have previously been known as highly possible apparatuses to satisfy such expectations. Such optical fiber laser apparatuses and optical waveguide type laser apparatuses are capable of relatively easily rendering an oscillation transverse mode into a single mode by controlling a core diameter, a refractive index difference between a core and a clad, and the like. Confinement of light in a high density can more activate mutual actions between active lasing substances and light. When the length of the mutual actions is made longer, laser beam can be produced with a high efficiency and a dimensionally high quality. Thus, a high-quality, relatively inexpensive laser beam can be obtained.

To realize further higher power and efficiency of the laser beam, excitation light is necessarily guided with a high efficiency to a doped region (ordinarily, a core portion) of emission centers such as active lasing ions, dyes, or the like (hereinafter referred to as "active lasing substances") for optical fibers or optical waveguides. However, where a core diameter is designed to meet the waveguide condition for the single mode, the core diameter is generally limited to 15 to 16 micrometers or less of the doped region (ordinarily, a core portion) at which active lasing ions are doped, and therefore, it is generally difficult to guide the excitation light to the portion of that diameter with a high efficiency. To overcome this problem, for example, a double clad type fiber laser has been proposed.

Fig. 6 illustrates a double clad type fiber laser. As shown in Fig. 6, the double clad type fiber laser includes a clad portion 16, and a second clad portion 17 placed outside the clad portion 16 and formed of a transparent material having a lower refractive index than that of the clad portion 16. Excitation light 13 introduced from an end is confined in the clad portion 16 and a core portion 15 by total reflection created by a refractive index difference between the second clad portion 17 and the clad portion 16. The confined excitation light is controlled to repeatedly pass the doped region (ordinarily, the core portion 15) of the active lasing substances, thereby rendering the excitation light gradually absorbed by the active lasing substances. The double clad type fiber laser thus constructed can obtain a high power laser beam.

In the case of such a double clad type fiber laser, however, if the cross section of the inner clad portion is circle, there arises a problem that the mode may cause an absorption saturation in which excitation light selectively passing around the doped region (ordinarily, the core portion) of the active lasing substances is well absorbed by the active lasing substances whereas other regions show very low absorption efficiency. Although a rectangular inner clad portion has been devised, a fiber having a cross-sectional shape other than circle is hardly manufactured generally and may reduce a mechanical strength of the fiber.

Meanwhile, optical waveguide type lasers, due to manufacturing methods for the lasers, cannot make the waveguide length longer as much as that of an optical fiber, and it is difficult for optical waveguide type lasers to have a refractive index profile in a cross-sectional direction as complicated as the double clad type lasers have. To solve such problems with an optical waveguide laser, a method has been proposed in which excitation light is guide from a side face of the doped region (ordinarily, a core portion) of the active lasing

substances for the optical waveguide, as disclosed in Japanese Laid-open Patent Publication No. Hei 4-51,027 and Japanese Laid-open Patent Publication No. Hei 3-3,283. When excitation light is guided from the side face to the doped region (ordinarily, a core portion) of the active lasing substances, excitation energy of an extremely large amount, in comparison with a method in which excitation light is slightly introduced in a cross-sectional direction of the waveguide, can be pumped in the waveguide because the waveguide length (L) is very long in comparison with a diameter (d) of the doped region of the active lasing substances, namely, L/d is 10 or greater. Similarly, with an optical fiber laser, if excitation light could have been introduced from a side face, areas for introducing excitation light can be increased as much as wanted, and therefore, excitation light energy 10 to 10 times larger than that of the method in which excitation light is introduced in the cross-sectional direction, or 10 to 10 times larger than that of the double clad type excitation method can be introduced in principle.

With the conventional side face excitation method thus described, however, when a single excitation light supplied from the side face is closely observed, this excitation light passes only one time the core serving as a doped region of the lasing active region. This core generally has a narrow width of about 50 to 60 micrometers. Therefore, it is very difficult to render the active lasing substances absorb the whole energy of the excitation light during one time passage over the narrow width. Accordingly, the conventional side face excitation method has a defect that much excitation light becomes useless.

This invention is devised on the basis of the background thus described, and it is an object of the invention to provide a laser apparatus capable of very effectively converting excitation light to laser oscillation light.

Summary of the Invention

In one form of a laser apparatus according to the invention, the laser apparatus includes an optical guide containing active lasing substances and performs a laser oscillation by supplying excitation light to the active lasing substances. The optical guide has a length continuous and very long in comparison with each distance on a three-dimensional coordinate that shows the size of an area containing the optical guide and is arranged in a conglomerate form inside the area by being repeatedly folded or wound. The excitation light is radiated to the optical guide arranged in the conglomerate form to be introduced into the optical guide by way of an outer periphery of the optical guide for performing the laser oscillation.

The conglomerate form may be a disc shape, a cone shape, a regular polyhedron shape, a truncated polyhedron shape, an ellipse shape, a cocoon shape, an ellipsoid of revolution shape, a spiral shape, a sphere shape, a donut or ring shape, a torus shape, a fabric shape, or a shape linearly converted from one of those shapes, or a shape in combination of all or part of those shapes.

According to one embodiment of the invention, the optical guide is made of an optical fiber in the conglomerate form having at least an optical waveguide. The optical fiber in the conglomerate form is made immobile by covering all or a part of the optical fiber with a setting substance transmittable of the excitation light. The setting substance can be selected from a setting organic resin or glass, or a setting inorganic medium. The optical fiber in the conglomerate form may be made immobile mutually with an adjacent optical fiber by unitedly formed so that all or a part of the optical fiber is in contact with the adjacent optical fiber in a manner that each interface between a core and a clad of the optical fiber and the adjacent optical fiber is not impaired. The optical guide is either a double clad type optical fiber or an optical waveguide, formed with a clad and a second clad placed outside the clad.

In another aspect of the laser apparatus according to the invention, the optical guide is constituted of a core member constituting an optical fiber and arranged in the conglomerate form inside the area by being repeatedly folded or wound without contacting one another in the area. A lower refractive index substance is provided to cover a periphery of the core member constituting the optical guide, to fill a space between the core members adjacent to each other, and to form a clad member constituting the optical fiber together with the core member constituting the optical guide. A second clad member made of a substance having a lower refractive index than that of the clad member covers a periphery of the clad member. The laser oscillation is produced by introducing excitation light inside the core member by way of an outer periphery of the core member constituting the optical guide.

With the laser apparatus according to the invention, the laser oscillation is made when optically pumped by

way of the outer periphery (side face) of the optical guide upon radiation of excitation light to the optical guide in the conglomerate form, where the optical guide is formed in the conglomerate form by repeatedly folding or winding the optical guide, which extends continuously with a very long length of the optical guide. When a single excitation light is observed, the excitation light repetitively passes the optical guide, thereby rendering the active lasing substances absorb much excitation light during the repetitive passage, so that the excitation becomes very effective.

An excitation method according to the invention is called, for the sake of convenience, to as "multiple side face excitation method"; a conventional method using a double clad type optical fiber or optical waveguide is called to as "double clad excitation method"; and a conventional method for introducing excitation light from an end face of a core is called to as "core end face excitation method." The following data indicate a comparison of compression ratios of photo flux densities at each conversion from excitation light to laser oscillation light among those methods.

Core end face excitation method: $M = A_{\text{core}} / A_{\text{core}} = 1$
 Double clad excitation method: $M = A_{\text{clad}} / A_{\text{core}} = \text{about } 10$
 Multiple side face excitation method:
 $M = A_{\text{side}} / A_{\text{core}} = dL / (\pi d/4) = L / d = \text{about } 10$

Wherein M denotes flux density, and A denotes a cross-sectional area, where no internal loss as well as 100% conversion rate is assumed.

As apparent from the above comparison, there are large differences among the methods, and the method according to the invention has an outstanding compression ratio. Such a huge compression ratio of the flux density has a meaning that poor quality excitation light will be converted into high quality laser light. That is, it has a special implication that even low density excitation light such as sun light can generate a laser oscillation.

Brief Description of the Drawings

The above and other objects and features of the invention are apparent to those skilled in the art from the following preferred embodiments thereof when considered in conjunction with the accompanied drawings, in which:

Fig. 1 is an illustration showing a structure of a laser apparatus as a first embodiment according to the invention;
 Fig. 2 is an illustration showing a structure of a laser apparatus as a second embodiment according to the invention;
 Fig. 3 is an illustration showing a structure of a laser apparatus as a third embodiment according to the invention;
 Fig. 4 is a perspective view showing the entire structure of a laser apparatus as a fifth embodiment according to the invention;
 Fig. 5 is an illustration showing the laser apparatus in Fig. 4 with partially cut at the center of the apparatus;
 and
 Fig. 6 is an illustration showing a conventional double clad type optical fiber laser apparatus.

Detailed Description of Preferred Embodiments

(First Embodiment)

Fig. 1 shows a laser apparatus according to a first embodiment of the invention. As shown in Fig. 1, in the laser apparatus of this embodiment, a continuous long laser fiber 2a is wound by multiple turns to be in a

conglomerate form of a cylindrical shape having an inner diameter of about 1 centimeter, an outer diameter of about 5 centimeters, and a height of 5 centimeters and made immobile with an ultraviolet setting resin. The laser apparatus has exposed opposed ends serving as outputs of the laser beam. The ultraviolet setting resin has a refractive index of 1.45 and transparency with respect to light whose wavelength is 0.5 to 1.4 micrometer, and fills space between the fibers adjacent to each other without a gap.

The laser fiber 2a has a core 5a whose diameter is 10 micrometers and a clad 6a whose diameter is 50 micrometers, has a numerical aperture of 0.1, and is made of a long quartz system glass fiber having a continuous length of about 30 kilometers. Nd ions of 0.5 atomic percent are doped in the core 5a. A grating having a reflection rate of 100 percent against light of 1.06 micrometer is formed on one end face of the laser fiber 2a, while a multilayer reflection coating having a reflection rate of 20 percent is formed on the other end face.

To fabricate this laser apparatus, a single long laser fiber 2a is wound around a metal bobbin having a bobbin diameter of 1 centimeter and a height of 5 centimeters until that the outer diameter becomes 5 centimeters. The wound fiber is then dipped in the ultraviolet setting resin and receives radiation of ultraviolet light to make the resin setting, and the bobbin is removed to complete the laser apparatus.

We confirmed performance of this laser apparatus. This laser apparatus performed a laser oscillation of 30 watt output at a wavelength of 1.06 micrometer, where eight semiconductor laser arrays having an oscillation wavelength of 0.8 micrometer and a maximum output 10 watts were placed around the cylinder and when light was directed toward the cylinder to radiate the laser fiber 2a. The oscillated laser optical power and changes on the time basis were good as 30 watts +/- 3 watts.

(Second Embodiment)

Fig. 2 is an illustration showing a laser apparatus of a second embodiment according to the invention. As shown in Fig. 2, in the laser apparatus of this embodiment, a continuous long laser fiber 2b is wound into a single spiral layer by multiple turns and then made immobile with an ultraviolet setting resin to be in a disc shaped conglomerate form having an inner diameter of about 3 centimeters, an outer diameter of about 12 centimeters, and a thickness of 0.1 centimeter. The conglomerate form is polished to form mirror faces on major faces except a side face and vapor-deposited with metal reflection coating films 7b. Though opposite ends of the laser fiber 2b are exposed to serve as output faces of the laser beam, the opposite ends are without reflection film or the like and remain as cut faces. The ultraviolet setting resin has a refractive index of 1.45 and transparency with respect to light whose wavelength is 0.5 to 1.4 micrometer, and fills space between the fibers adjacent to each other without a gap.

The laser fiber 2b has a core 5a whose diameter is 10 micrometers and a clad 6a whose diameter is 50 micrometers, has a numerical aperture of 0.1, and is made of a long quartz system glass fiber having a continuous length of about 170 meters. Nd ions of 0.5 atomic percent are doped in the core 5a.

The laser oscillation of this laser apparatus of 15 watt output at a wavelength of 1.06 micrometer was confirmed where eight semiconductor laser arrays having an oscillation wavelength of 0.8 micrometer and a maximum output 10 watts were placed around the laser apparatus and when light from the laser arrays was radiated the laser fiber 2b from the side face as excitation light. The oscillated laser optical power and changes on the time basis were good as 15 watts +/- 2 watts.

(Third Embodiment)

Fig. 3 is an illustration showing a laser apparatus of a third embodiment according to the invention. The laser apparatus of this embodiment has a structure manufactured by the following processes.

First, a single continuous long laser fiber is tightly wound in a single spiral layer around a carbon bobbin having an outer diameter 3 centimeters as a center to be a conglomerate form of a flat ring shape having an inner diameter of 3 centimeters and an outer diameter of 15 centimeters. The laser fiber 2b has a core 5a whose diameter is 10 micrometers and a clad 6a whose diameter is 50 micrometers, has a numerical

aperture of 0.1, and is made of a long quartz system glass fiber having a continuous length of about 280 meters.

Subsequently, two flat ring shaped quartz plates having an inner diameter of 3 centimeters, an outer diameter of 15 centimeters, and a thickness of 1 millimeter are prepared to sandwich the flat ring shaped conglomerate laser fiber from upper and lower sides of the fiber and are put in a metal pressure resistance container. The laser fiber sandwiched by the quartz plates are thermally treated at 1,500 degrees Celsius in an inert gas atmosphere, and pressed with a pressure of about 50 bar in a vertical direction, thereby filling gaps between the fibers and between the fiber and the quartz plate by fusion.

An optical accumulation ring body 2c is then obtained by optically polishing both major surfaces, namely, front and back faces, of the flat ring body thus fabricated. Three quartz plates each having a thickness of 3 millimeters, a width of 3 centimeters, and a length of 7 centimeters are prepared. The side faces of the plates are optically polished and made into a shape having a contact face exactly matching the side face of the ring body when one end of the plate in the lengthwise direction of the plate is made in contact with the side face of the optical accumulation ring body 2c as to extend in a tangent direction of the side face of the optical accumulation ring body 2c. Those of the three quartz plates are made adhere, with a predetermined space between the quartz plates, to the side face of the ring body as to be in contact with the side face of the ring body. Two of the quartz plates serve as input portions 7c, 7c for excitation light, and the remaining plate is used for an output portion 8c of the laser beam. A metal reflection coating film is vapor-deposited on the entire surface except input ends of the input portions for excitation light and an output end of the output portion for laser beam.

The laser oscillation of 15 watt output at a wavelength of 1.06 micrometer from the output portion 8c for laser beam was confirmed where four semiconductor laser arrays having an oscillation wavelength of 0.8 micrometer and a maximum output 10 watts were placed around each of the input ends of the two input portions 7c, 7c for excitation light and when light from the laser arrays was introduced by way of the two input portions 7c, 7c for excitation light to the light accumulation ring body. The oscillated laser optical power and changes on the time basis were good as 15 watts +/- 2 watts.

(Fourth Embodiment)

A laser apparatus according to this embodiment is an example in which a single long laser fiber having a continuous length of about 20 kilometers is woven into a fabric form. That is, first, a warp portion is formed in a planate form by repetitively reciprocating a laser fiber, and then, a weft portion is formed by repetitively reciprocating the laser fiber as to pass the upper and lower sides of the warp alternatively, thereby making the laser fiber into a fabric form. In this embodiment, a laser apparatus in a fabric form of 30 x 30 centimeters was manufactured.

The laser fiber is made of a quartz system glass fiber having a core diameter of 5 micrometers, a clad diameter of 10 micrometers, and a numerical aperture of 0.2. Nd ions of 0.5 atomic percent are doped in the core. An ultraviolet setting resin having a refractive index of 1.45 and transparency with respect to light whose wavelength is 0.5 to 1.4 micrometer covers the periphery of the clad. The refractive index of the ultraviolet setting resin is 1.45, which coincides with that of the clad. One end between the opposite ends of the laser fiber is formed with a grating having 100 percent reflection rate with respect to light of a wavelength 1.06 micrometer emitted from the inside of the core, whereas the other end remains as a cut end face.

When this fabric received a focused sun light during a fine weather using a mirror having a magnification of 100, a laser oscillation of 0.5 watt output in average at a wavelength of 1.06 micrometer was confirmed.

(Fifth Embodiment)

Fig. 4 is a perspective view showing the whole constitution of a laser apparatus according to a fifth embodiment of the invention; Fig. 5 is an illustration showing a cut model of the laser apparatus shown in Fig. 4 cut at a center of the apparatus.

As shown in Figs. 4, 5, this embodiment is an example in which an optical guide is formed of a core member constituting a part of an optical fiber. That is, in the above embodiments, the optical guide is made of an optical fiber in which a core and a clad are in a united body, but in this embodiment, a core member as a part of an optical fiber constitutes an optical guide.

In Figs. 4, 5, a core member 55 constituting an optical guide is made in a conglomerate form by spirally winding a phosphate system laser glass fiber (doped with Nd ions of 1.0 atomic percent) having a core diameter of 100 micrometers and a length of 100 meters in parallel with a predetermined plane as to avoid any contact between fibers adjacent to each other.

In the core member 55 formed in the conglomerate form, the periphery of the member is covered with a clad member 56 made of an ultraviolet setting resin having a refractive index of 1.51, and the core member is made so immobile in a disc form as to fill gaps between the core members adjacent to each other. Front and back faces, except an outer peripheral face, of the disc shaped clad member 56 are covered with a second clad member 57 made of an ultraviolet setting resin having a refractive index of 1.49. An inner end face of the spiral of the spirally wound core member 55 is formed with a multilayer coating film having a reflection rate of 99 percent or greater with respect to a laser oscillation wavelength of 1.06 micrometer after plane-polished to reflect the laser beam, and an outer end face of the spiral serves as an output portion for oscillated laser beam.

With the laser apparatus of the embodiment, as shown in Fig. 4, excitation light is introduced from the outer peripheral face of the disc shaped clad member 56 into the clad member 56. The introduced excitation light is reflected by the second clad member 57 and absorbed by the core member 55 to perform the laser oscillation while proceeding in a zigzag manner in the clad member 56.

A good laser oscillation of 120 watt output at a wavelength of 1.06 micrometer from the output portion was obtained where sixteen semiconductor laser arrays having an oscillation wavelength of 0.8 micrometer and an output of 20 watts were used and located around the laser apparatus to introduce excitation light in the clad member 56. Although this output amount was 120 watts because a small number of the semiconductor laser arrays was used for excitation, this is not a limit of this laser apparatus, and upon using a large number of semiconductor laser arrays, it would be expected to obtain an output of 2 kilowatts or greater. When the output of this laser apparatus was converged with a lens system having a focal distance of 50 millimeters, energy of 90 percent or more of the output could be converged within a diameter of 120 micrometers.

Although in the above embodiments, examples in which an optical fiber is used as a laser medium are described, an optical waveguide can be used as a laser medium. To use such an optical waveguide, a single continuous long core is so formed as to be folded or wound within a prescribed area of a clad medium. This core's formation is made as a pattern of so-called one stroke of pen in using a known pattern forming method or ion exchange method. Although in the above embodiments, examples in which a single continuous long optical fiber or optical waveguide is arranged as an optical guide in a conglomerate form within a prescribed area are described, plural continuous long optical fibers or waveguides can be arranged in a prescribed area. In addition, although in the above embodiments, an optical fiber or optical waveguide is exemplified as an optical guide, the optical guide can be any optical path, other than the optical fiber or optical waveguide, capable of propagating light in confining light to some extent in the path.

As described above, the laser apparatus according to the invention includes an optical guide containing active lasing substances and performs a laser oscillation by supplying excitation light to the active lasing substances. The optical guide has a length continuous and very long in comparison with each distance on a three-dimensional coordinate that shows the size of an area containing the optical guide and is arranged in a conglomerate form inside the area by being repeatedly folded or wound. According to the laser apparatus, the excitation light is radiated to the optical guide arranged in the conglomerate form to be introduced into the optical guide by way of an outer periphery of the optical guide for performing the laser oscillation,, thereby extremely effectuating conversion from the excitation light to a laser oscillation light.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Claims

1. A laser apparatus having an optical guide containing active lasing substances, said laser apparatus performing a laser oscillation by supplying excitation light to the active lasing substances, wherein the optical guide has a length continuous and very long in comparison with each distance on a three-dimensional coordinate that shows the size of an area containing the optical guide and is arranged in a conglomerate form inside the area by being repeatedly folded or wound, and wherein the excitation light is radiated to the optical guide arranged in the conglomerate form to be introduced into the optical guide by way of an outer periphery of the optical guide for performing the laser oscillation.

2. The laser apparatus according to claim 1, wherein the conglomerate form is a disc shape, a cone shape, a regular polyhedron shape, a truncated polyhedron shape, an ellipse shape, a cocoon shape, an ellipsoid of revolution shape, a spiral shape, a sphere shape, a donut or ring shape, a torus shape, a fabric shape, or a shape linearly converted from one of those shapes, or a shape in combination of all or part of those shapes.

3. The laser apparatus according to claim 1, wherein the optical guide is made of an optical fiber in the conglomerate form having at least an optical waveguide.

4. The laser apparatus according to claim 3, wherein the optical fiber in the conglomerate form is made immobile by covering all or a part of the optical fiber with a setting substance transmittable of the excitation light.

5. The laser apparatus according to claim 4, wherein the setting substance is a setting organic resin or glass, or a setting inorganic medium.

6. The laser apparatus according to claim 3, wherein the optical fiber in the conglomerate form is made immobile mutually with an adjacent optical fiber by unitedly formed so that all or a part of the optical fiber is in contact with the adjacent optical fiber in a manner that each interface between a core and a clad of the optical fiber and the adjacent optical fiber is not impaired.

7. The laser apparatus according to claim 1, wherein the optical guide is either a double clad type optical fiber or an optical waveguide, formed with a clad and a second clad placed outside the clad.

8. The laser apparatus according to claim 1, wherein the optical guide is constituted of a core member constituting an optical fiber and arranged in the conglomerate form inside the area by being repeatedly folded or wound without contacting one another in the area, wherein a lower refractive index substance is provided to cover a periphery of the core member constituting the optical guide, to fill a space between the core members adjacent to each other, and to form a clad member constituting the optical fiber together with the core member constituting the optical guide, wherein a second clad member made of a substance having a lower refractive index than that of the clad member covers a periphery of the clad member, and wherein the laser oscillation is produced by introducing excitation light inside the core member by way of an outer periphery of the core member constituting the optical guide.

Data supplied from the esp@cenet database - l2

FIG. 1

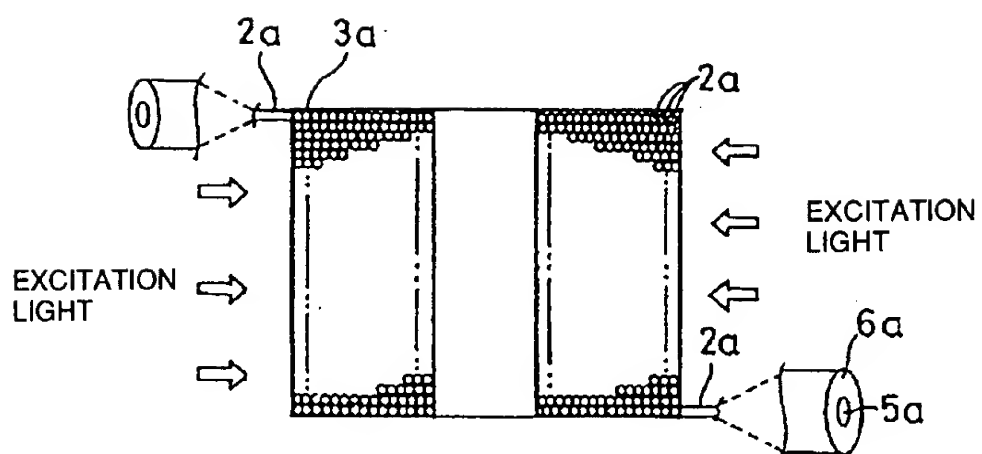


FIG. 2

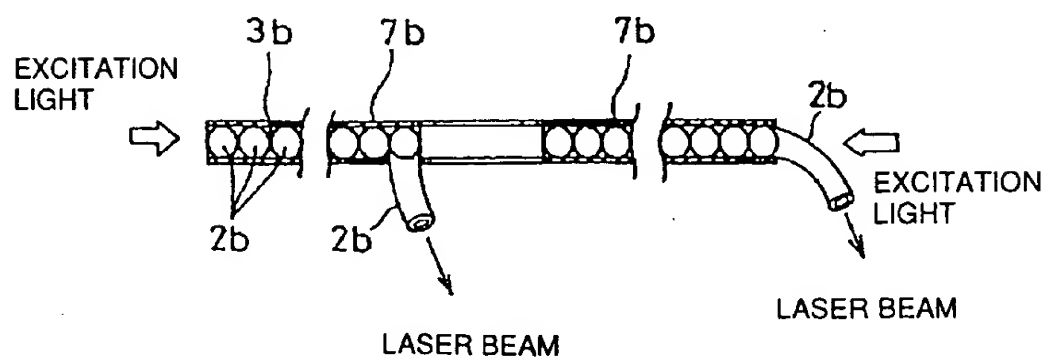


FIG. 3

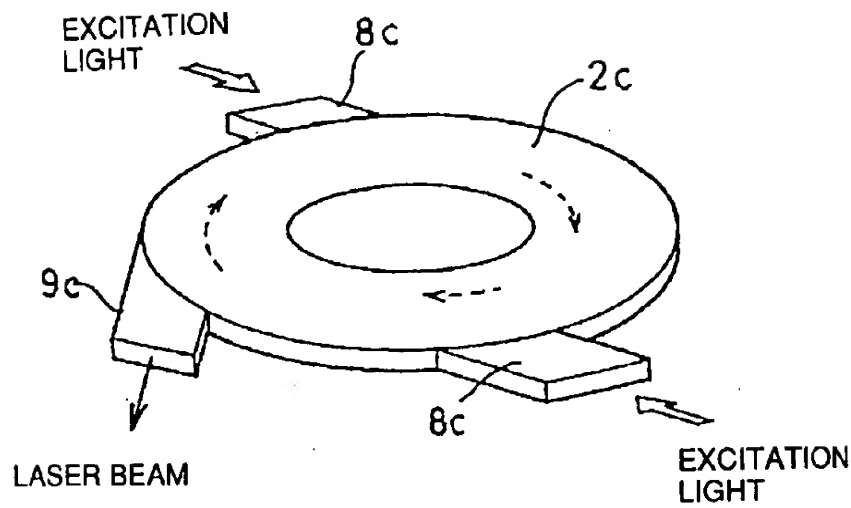


FIG. 4

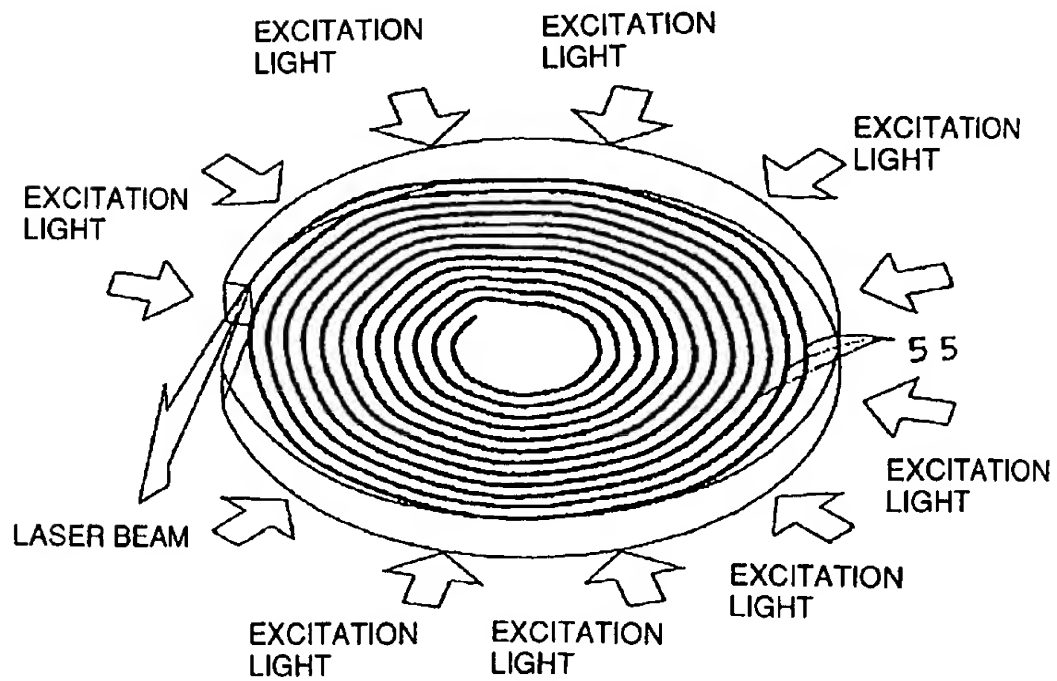


FIG. 5

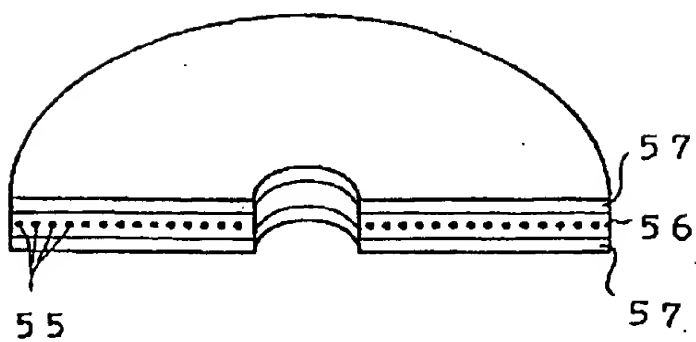


FIG.6

